

中等职业教育国家规划教材
全国中等职业教育教材审定委员会审定

焊 接 检 验

(焊 接 专 业)

主	编	李荣雪		
协	编	赵 强		
责任主审	崔占全			
审	稿	崔占全	赵 品	



机 械 工 业 出 版 社

本书系国家规划教材。主要讲述焊接生产检验过程及各种无损探伤方法的基本原理、探伤过程及应用。全书共分五章，第一章主要讲述焊接缺陷的特征与危害，焊前、焊接过程及焊后质量检验的内容及检验的方法；第二、三、四、五章分别介绍射线探伤、超声波探伤、磁力探伤及渗透探伤的基本原理、探伤过程及应用。本书内容旨在淡化理论，突出应用，书中许多图表直接引自最新国家标准，可供实际生产中选用。本书每章最后附有复习思考题，供复习选用。

本书为中等职业学校焊接专业教材，亦可供从事焊接检验工作的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

焊接检验/李荣雪主编. —北京：机械工业出版社，
2002.7
中等职业教育国家规划教材 焊接专业
ISBN 7 - 111 - 10249 - 5
. 焊 李 焊接—检验—专业学校—
教材 . TG441.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 033925 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑：常燕宾 版式设计：张世琴 责任校对：肖琳

封面设计：姚毅 责任印制：付方敏

北京铭成印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2002 年 6 月第 1 版·第 1 次印刷

787mm×1092mm1/16 6.75 印张·161 千字

0 001—3 000 册

定价：8.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

本社购书热线电话(010)68993821、68326677 - 2527

封面无防伪标均为盗版

中等职业教育国家规划教材出版说明

为了贯彻《中共中央国务院关于深化教育改革全面推进素质教育的决定》精神，落实《面向 21 世纪教育振兴行动计划》中提出的职业教育课程改革和教材建设规划，根据教育部关于《中等职业教育国家规划教材申报、立项及管理意见》(教职成[2001]1 号)的精神，我们组织力量对实现中等职业教育培养目标和保证基本教学规格起保障作用的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教材进行了规划和编写，从 2001 年秋季开学起，国家规划教材将陆续提供给各类中等职业学校选用。

国家规划教材是根据教育部最新颁布的德育课程、文化基础课程、专业技术基础课程和 80 个重点建设专业主干课程的教学大纲(课程教学基本要求)编写，并经全国中等职业教育教材审定委员会审定。新教材全面贯彻素质教育思想，从社会发展对高素质劳动者和中初级专门人才需要的实际出发，注重对学生的创新精神和实践能力的培养。新教材在理论体系、组织结构和阐述方法等方面均作了一些新的尝试。新教材实行一纲多本，努力为教材选用提供比较和选择，满足不同学制、不同专业和不同办学条件的教学需要。

希望各地、各部门积极推广和选用国家规划教材，并在使用过程中，注意总结经验，及时提出修改意见和建议，使之不断完善和提高。

教育部职业教育与成人教育司

2001 年 10 月

前 言

本教材是根据 2001 年 8 月国家教育部颁布的中等职业学校“焊接检验”课程教学大纲编写的，适用于三年制，工程技术类焊接专业使用。

本书简单介绍焊接缺陷的特征与危害，焊前、焊接过程及焊后质量检验的主要内容及检验方法；重点介绍射线探伤、超声波探伤、磁力探伤及渗透探伤的基本原理、探伤过程及应用。

根据本专业的培养目标和中专生的年龄特点，本着“了解理论，突出实践”为中心的教学思想，在编写过程中力求淡化理论，突出实践，充分体现职教特色。全书以讲述无损探伤为重点，书中大部分图表直接引自最新国家标准，在工程实践中可直接选用。本书每章后附有复习思考题，以供复习之用。

本书由北京市机械工业学校李荣雪主编，渤海船舶职业学院邓洪军审阅，河北省机电学校赵强编写第四章和第五章，其余部分均由李荣雪编写并负责全书的统稿工作。

本书在编写过程中参考了高等学校、职业技术学院和中等职业学校的同类教材、无损探伤人员培训教材及其它相关工具书。在审稿中，除上述参编学校外，还有渤海船舶职业学院、广西机电职业技术学院、浙江机电职业技术学院、沈阳市机电工业学校和山西省机械工业学校的有关专家与教师参加了审阅工作，在此一并表示感谢。

本套焊接专业教材由教育部职业教育与成人教育司聘请燕山大学崔占全教授担任责任主审，崔占全教授、赵品副教授对本教材进行了严格审定，在此表示忠心感谢。

由于编者水平所限，书中一定会存在疏漏和不足之处，诚请使用本教材的教师和读者批评指正。

编 者

2001 年 12 月

目 录

前言

绪论	1
一、焊接检验的地位和作用	1
二、焊接检验的分类	1
三、焊接检验的基础工作	2
四、焊接检验应树立的观点	3
五、本课程的教学目的与主要内容	3
复习思考题	4
第一章 焊接检验过程及质量控制	5
第一节 焊接检验	5
一、焊接检验的主要内容	5
二、焊接缺陷	5
三、常用焊接结构(件)及其焊缝质量等级	7
第二节 焊前的质量控制	8
一、金属材料的质量检验	8
二、焊接材料的检验	8
三、焊件备料的检验	9
四、焊件装配质量的检验	10
五、焊工资格检查	11
第三节 焊接过程中的质量控制	11
一、焊接环境的检查	11
二、焊接规范执行情况的检查	12
三、预热的检查	12
四、焊接后热的检查	12
五、产品试板的质量控制	12
第四节 焊接结构成品检验	14
一、焊接结构几何尺寸的检验	14
二、焊缝外观检验	15
三、致密性试验和压力试验	17
复习思考题	20
第二章 射线探伤	21
第一节 射线的产生、性质及其衰减	21
一、X射线的产生及性质	21
二、 γ 射线的产生及性质	22
三、射线的衰减	22
第二节 射线探伤方法及其原理	24

一、射线照相法	24
二、射线荧光屏观察法	24
三、射线电离法	25
四、射线实时成像检验	25
第三节 射线照相法探伤	26
一、探伤系统的组成	26
二、射线探伤条件的选择	29
三、焊缝透照工艺	33
四、胶片的暗室处理	36
第四节 焊缝射线底片的评定	37
一、底片质量的评定	38
二、底片上缺陷影像的识别	38
三、缺陷的定量测定	39
四、焊缝质量的评定	40
五、探伤记录和报告	42
六、焊缝射线探伤的一般程序	42
七、典型焊接产品射线探伤实例	42
第五节 射线的安全防护	43
一、射线对人体的危害	43
二、射线的防护方法	43
三、透照现场的安全	44
复习思考题	45
实验 焊缝X射线照相法探伤实验	45
第三章 超声波探伤	46
第一节 超声波的产生、性质及衰减	46
一、超声波的产生与接收	46
二、超声波的性质	47
三、超声波的衰减	50
第二节 超声波探伤设备简介	51
一、超声波探头	51
二、超声波探伤仪	54
三、试块	55
第三节 超声波探伤原理及其应用	57
一、直接接触法	57
二、液浸法	59
第四节 直接接触法超声波探伤	59
一、探伤前的准备	60

二、实时探伤操作	64	第一节 渗透探伤原理、方法、分类	
三、缺陷定位与缺陷性质估判	66	及应用	87
四、焊缝质量评定	70	一、渗透探伤原理	87
五、记录与报告	70	二、渗透探伤方法分类	87
六、焊缝超声波探伤的一般程序	72	三、渗透探伤方法应用	89
复习思考题	73	第二节 渗透探伤的操作步骤	89
实验 焊缝超声波探伤实验	73	一、前处理	89
第四章 磁粉探伤	75	二、渗透处理	90
第一节 磁粉探伤原理与影响漏磁场的因素	75	三、乳化处理	90
一、磁粉探伤原理	75	四、清洗处理	90
二、影响漏磁场的因素	75	五、干燥处理	91
第二节 工件磁化方法	77	六、显像处理	91
一、磁化方法的分类	77	七、检验	91
二、磁化方法的选择	79	八、后处理	91
三、磁化规范的选择	79	第三节 缺陷判别、分级与记录	92
第三节 磁粉及磁悬液	80	一、缺陷的判别	92
一、磁粉	81	二、缺陷的分级与验收标准	92
二、磁悬液	81	三、探伤报告	94
第四节 磁粉探伤过程	82	第四节 渗透探伤剂	95
一、焊缝磁粉探伤的一般工艺过程	82	一、渗透剂	95
二、磁粉探伤验收标准	84	二、乳化剂	96
三、典型焊接产品磁粉探伤实例	85	三、清洗剂	96
复习思考题	86	四、显像剂	97
实验 焊缝磁粉探伤实验	86	五、渗透探伤对环境的污染与控制	98
第五章 渗透探伤	87	复习思考题	98
		实验 焊缝着色探伤实验	98
		主要参考文献	99

绪 论

《焊接检验》是中等职业学校焊接专业的一门专业课。它的任务是使学生成为具备高素质的劳动者及掌握中、初级专门人才所必需的焊接检验的基本知识和基本技能。为达到这一目标，本课程主要讲述焊接结构生产过程中的质量控制与检验的内容、检验方法、所用仪器设备及有关的质量标准。

一、焊接检验的地位和作用

随着焊接技术的发展，焊接加工在工业生产、交通运输、建筑结构等许多领域得到了广泛应用。由于焊接结构(如压力容器、航空航天器、原子能工程等)的工作条件的日益苛刻，因此确保焊接结构的高质量是至关重要的，否则，运行中出现事故必将造成惨重的损失。诚然，新的焊接方法、新的焊接工艺和新的焊接材料的应用，已能在很大程度上保证其产品质量，但由于焊接接头性能的不均匀性、应力分布的复杂性、制造过程中又无法做到绝对不产生焊接缺陷，因此为生产出高质量的产品，必须在生产的不同环节和不同阶段，遵循一定的管理程序和管理制度，并采用各种检测手段进行检测，以确保产品质量。

焊接检验在焊接结构生产中占有重要地位，其作用主要表现在以下三个方面：

(1) 确保焊接结构的制造质量 通过焊接检验可以控制各生产阶段和控制焊接缺陷，防止废品产生，避免不合格产品出厂。

(2) 降低产品成本 由于焊接检验贯穿于焊接生产的全过程，这就可能避免出现产品最后报废的现象，大大减少了原材料和工时的浪费，以及因拖延工期而带来的经济损失，无疑会带来显著的社会效益和经济效益。

(3) 促使焊接技术的广泛应用 由于有焊接检验的可靠保证，可促使焊接技术的应用更加广泛。

二、焊接检验的分类

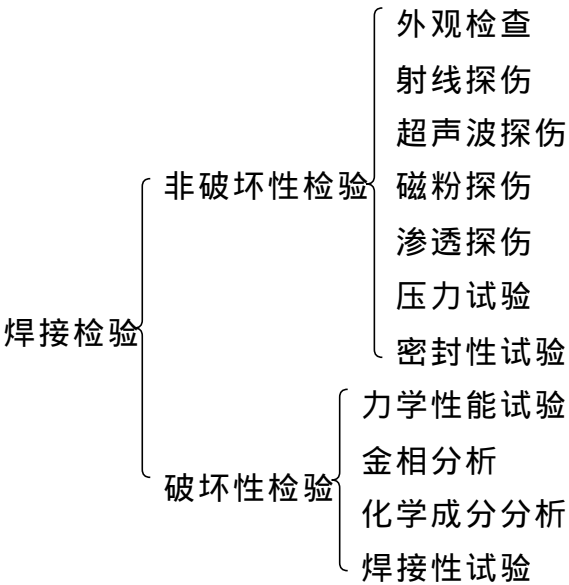
焊接检验包括对焊接结构生产过程的检验和对焊接接头的检验。

焊接接头的检验可分为非破坏性检验和破坏性检验两大类。

非破坏性检验又称无损检验，是不损坏被检材料或成品的性能与完整性而检测其缺陷的方法。

破坏性检验是从焊件上切取试样，或以产品的整体破坏做试验，以检查其各种力学性能、化学成分或焊接性等的试验方法。

焊接检验的分类及方法如下：



本书主要讲述焊接检验过程及对焊接接头的无损检验方法。

表 1 列出了四种常用检验方法的特点及应用。

表 1 四种探伤方法的特点与应用

探 伤 方 法	特 点	应 用
X 射线照相法	直观性强、准确度高、可靠性好，且底片可长期保存；但设备较复杂、成本较高、并需要严密防护	金属与非金属材料的内部缺陷，例如，焊缝中的气孔、裂纹、夹渣等
超声波探伤	灵敏度高、设备轻巧、操作方便、检测速度快、成本低且对人无害；但无法对缺陷进行准确定位与准确定量	金属与部分非金属材料的内部缺陷，例如，焊缝中的气孔、裂纹、夹渣等
磁粉探伤	成本低、操作灵活、结果可靠	铁磁性材料(碳钢、普通低合金钢等)表面或近表面缺陷，例如，坡口表面裂纹，焊缝表面与近表面裂纹、气孔、夹渣等
渗透探伤	设备简单、操作容易、成本低，缺陷显示直观；但探伤剂有毒，操作时需要防护	金属与非金属材料表面开口缺陷

三、焊接检验的基础工作

为了用全面质量管理的办法搞好焊接检验，必须做好以下几方面的基础工作。

- (1) 质量教育工作 焊接生产检验的目的是保证产品质量，当企业的技术条件一定时，其产品质量取决于该企业人员的技术和业务素质，因此企业应不断地、定期地对各级各类人员进行技术培训和质量管理知识教育。
- (2) 标准化工作 标准是衡量事物的准则，这里是指以文字形式表达的一种技术文件，包括技术标准和管理标准。一方面标准是衡量产品质量及各项工作的尺度；另一方面又是企业进行生产、技术管理、质量管理和检验工作的依据。
- (3) 计量工作 焊接产品在其生产和检验过程中涉及许多计量工作，要对检验结果进行计量，使用各种计量器具和仪器设备是正确定量、确定产品是否符合其各项要求的手段和标准，因此做好计量工作也是一项基础性工作。
- (4) 质量情报工作 指反映产品质量、工序质量的原始记录以及产品使用过程中反映出

来的各种信息，它是改进产品质量、认识产品规律性的途径和资料来源。

(5) 质量责任制 建立质量责任制就是对企业的每个部门、每个员工都明确规定在质量控制和检验工作中的具体任务、责任与权限。

四、焊接检验应树立的观点

焊接检验应贯穿于产品生产的全过程，从全面质量管理出发，必须树立以下三个基本观点：

(1) 下道工序是用户、工作对象是用户、用户第一 这就要求把对用户高度负责的精神渗透到生产的全过程，把各工序之间、各部门之间和各工作对象之间都看作是下道工序，形成一个上道工序保下道工序、道道工序保成品、一切为用户的局面。

(2) 预防为主、防检结合 焊接结构的优良质量主要依靠设计和制造，而不是依靠检验。因此应在产品的设计和制造阶段采取措施来保证其质量，首先设计应先进和合理，制造过程中对人员、原材料、机器设备、工艺方法和环境等影响工序质量的因素加以控制，发现问题及时解决，而不是待产品完成之后再去评价和补救，这就是预防为主的管理，也就是预防第一。但检验工作并不能因此而放松，检验工作是全面质量管理中一个不可缺少的组成部分，预防与检验要相辅相成，在不同的生产阶段对产品质量共同把关。

(3) 检验是企业每个员工的本职工作 产品质量是由企业每个员工的工作质量决定的，因此要求每个职工都要有根据、有程序、有效率地工作并达到工作质量标准，以良好的工作质量来保证产品的高质量。

五、本课程的教学目的与主要内容

1. 本课程的教学目的

通过本课程学习，使学生了解焊接检验在保证和提高焊接产品质量中的地位和作用；理解焊接生产过程中所需检验的内容、检验的方法，并能正确选择这些检验方法；对常用的无损检验方法能理解其原理，了解其使用范围、操作规程及检验标准。在能力上达到能正确选择和使用常用检验仪器和工具；能对检验结果进行简单判断，并编写检验报告。

2. 本课程的主要内容

保证产品质量是焊接生产的基本要求，进行生产检验则是达到这种要求的手段。焊接检验不只是对焊接结构成品的检验，而是应贯穿在整个产品生产过程中，因此，焊接检验的主要内容：一是焊前检验，主要是制造产品的金属材料与焊接材料，零部件的下料、成形与装配，焊工资格检查等；二是焊接过程中的检验，主要是焊接时的环境及焊接工艺参数的监控，焊接预热与后热的监控等；三是焊后检验，虽然焊前及焊接过程中的检验与监控对产品质量的保证起着重要作用，但由于焊接应力与变形、焊缝缺陷等产生的可能性很大，因此，焊后检验是必不可少的，其中包括对焊接结构成品的几何尺寸检查、强度检验以及焊缝的外观检查，采用射线探伤、超声波探伤、磁力探伤和渗透探伤等无损探伤手段，对焊缝及近缝区表面缺陷和内部缺陷进行检验。

了解这些无损探伤方法的基本原理，能正确选择和使用检验方法、检验仪器和工具，按操作规程进行简单工件的探伤操作，并能依据有关标准判断焊缝质量，是本课程的主要内容和重点。

本课程在学习过程中，除理论教学外，还应配合一些实验，以加深学生对理论知识的理解，同时还能使学生的实际动手能力得到锻炼与增强。

复习思考题

1. 焊接检验在生产中有何重要意义？
2. 焊接检验的基础工作包括哪些内容？
3. 为搞好焊接检验工作应树立怎样的观点？

第一章 焊接检验过程及质量控制

焊接检验贯穿于焊接生产的全过程，但各个生产环节要检验的内容却是不一样的。本章将重点介绍各生产环节应检验的内容、检验的方法以及检验的标准。

第一节 焊 接 检 验

一、焊接检验的主要内容

焊接检验是指对焊接结构(件)及其生产过程的检验。其检验内容不仅包括对焊缝或焊接接头的质量检验，而且包括制造该产品的原材料、生产人员、采用的设备、制定的工艺方法和生产环境等的检验；以及对焊接产品整体结构与性能的检验。

焊接检验的主要依据是：产品的施工图样、技术标准、检验文件和定货合同。

二、焊接缺陷

1. 焊接缺陷的危害

焊接缺陷是指由焊接过程在焊接接头中发生的金属不连续、不致密或连接不良的现象。焊接结构(件)中一般都存在缺陷，缺陷的存在将影响焊接接头的质量，例如气孔首先影响焊缝的致密性，其次减小焊缝的有效面积，显著降低焊缝的强度和韧性；而裂纹的危害比气孔更为严重，因为裂纹两端的缺口效应会造成严重的应力集中，很容易引起扩展，形成宏观裂纹或整体断裂。因此焊接缺陷的存在将直接影响到焊接结构的安全使用。但是，要获得无缺陷的焊接接头在技术上是相当困难的，也是不经济的。焊接缺陷的种类很多，各类缺陷的形态不同，对接头质量的影响也不相同。因此根据焊接结构(件)使用的场合不同，对其质量要求也不一样，有些结构(件)的焊接接头中允许有一定数量和一定尺寸的缺陷存在；而有些重要结构(件)则不允许存在任何缺陷。

评定焊接接头质量优劣的依据是缺陷的种类、大小、数量、形态、分布及危害程度。焊接接头中的缺陷，可通过补焊来修复，或者铲除焊道后重新焊接，有的直接作为判废的依据。

2. 焊接缺陷的分类

焊接缺陷的种类很多，有熔焊产生的缺陷，也有压焊、钎焊产生的缺陷，但这里只介绍熔焊缺陷。

根据 GB/ T 6417—1986 《金属熔化焊焊缝缺陷分类及说明》可将熔焊缺陷分为以下六类：

第一类 裂纹

第二类 孔穴

第三类 固体夹杂

第四类 未熔合和未焊透

第五类 形状缺陷

第六类 其它缺陷

上述六类缺陷的名称见表 1-1。

表 1-1 熔焊接头中常见缺陷及名称

分 类	名 称	分 类	名 称
裂 纹	横向裂纹 纵向裂纹 弧坑裂纹 枝状裂纹 放射状裂纹 间断裂纹 微观裂纹	形状缺陷	咬边 焊瘤 下榻 下垂 烧穿 未焊满 角焊缝凸度过大 角变形 错边 焊角不对称 焊缝超高 焊缝宽度不齐 焊缝表面粗糙 焊缝表面不平滑
	球形气孔 均布气孔 局部密集气孔 链状气孔 条形气孔 虫形气孔 表面气孔		
固 体 夹 杂	夹渣 焊剂或熔剂夹渣 氧化物夹渣 皱褶 金属夹渣	其它缺陷	电弧擦伤 飞溅 钨飞溅 定位焊缺陷 表面撕裂 层间错位 打磨过量 凿痕 磨痕
	未熔合 未焊透		

3. 焊接缺陷的特征及分布

表面焊接缺陷可以直接观察到；而焊缝的内部缺陷是看不到的，只有用无损探伤的方法才可以发现，因此了解焊接缺陷的特征及分布规律是检查和判断焊接缺陷性质和种类的基础。

(1) 焊接裂纹的特征及分布 焊接裂纹具有尖锐的缺口和长宽比大的特点，是焊接结构中最危险的缺陷。

1) 按裂纹的外观形态和产生的部位来分，各种裂纹的特征和分布见表 1-2。

表 1-2 按外观形态划分的裂纹特征和分布

名 称	特 征	分 布
横向裂纹	裂纹长度方向与焊缝轴线相垂直	焊缝、热影响区和母材中
纵向裂纹	裂纹长度方向与焊缝轴线相平行	
弧坑裂纹	形态有横向、纵向或星状	焊缝收弧弧坑处

2) 按裂纹产生的温度范围来分，各种裂纹的特征和分布见表 1-3。

表 1-3 按温度范围划分的裂纹特征和分布

名 称	特 征	分 布
热 裂 纹	发生在晶界处，形成温度较高，与空气接触的开口表面呈深蓝色或天蓝色	焊缝表面或内部
冷 裂 纹	在较低温度下形成，表面光亮	热影响区

(2) 气孔的特征及分布 气孔是指焊接时，熔池中的气泡在凝固时未能逸出而残留下来所形成的空穴。气孔可分为密集气孔、条虫状气孔和针状气孔等。焊缝中的气孔主要有氢气孔、氮气孔和一氧化碳气孔。气孔有时单个出现，有时成堆地聚集在局部区域。气孔的特征及分布见表 1-4。

表 1-4 气孔的特征与分布

名 称	特 征	分 布
氢 气 孔	断面形状多为螺丝形，从焊缝表面上看呈圆喇叭形，内壁光滑	出现在焊缝表面上
氮 气 孔	与蜂窝相似，常成堆出现	出现在焊缝表面上
CO 气 孔	表面光滑，像条虫状	出现在焊缝内部，沿结晶方向分布

(3) 夹渣 夹渣是指焊后残留在焊缝中的焊渣。其形状有线状、长条状、颗粒状及其它形状等。主要发生在坡口边缘和每层焊道之间非圆滑过渡的部位，在焊道形状发生突变或存在深沟的部位也容易产生夹渣。

(4) 未熔合和未焊透 未熔合主要发生在坡口的侧壁、多层焊的层间及焊缝的根部；未焊透常出现在单面焊的坡口根部及双面焊的坡口钝边。

上述缺陷产生的原因、形状缺陷及其产生原因在本专业其它课程中有详细介绍，故这里不再赘述。

三、常用焊接结构(件)及其焊缝质量等级

焊接结构(件)被广泛应用于核工业、航空航天、石油、化工、汽车、船舶、桥梁等各个领域，其种类繁多。由于焊接结构(件)使用的环境、条件不同，对其质量的要求也不相同。根据焊缝射线探伤时所要达到的质量等级，将焊接结构(件)进行分类。表 1-5 为常用焊接结构(件)的类型及其质量等级。

表 1-5 常用焊接结构(件)的类型及其质量等级

焊接结构(件)类型	检 验 方 法	焊缝质量等级
核容器、航空航天器件、化工设备中的重要构件等	1. 外观检验 2. 射线探伤 3. 压力试验	级
锅炉、压力容器、球罐、化工机械、潜水器、起重机等	1. 外观检查 2. 射线或超声波探伤 3. 磁粉或渗透探伤 4. 压力试验	级

(续)

焊接结构(件)类型	检 验 方 法	焊缝质量等级
船体、公路钢桥、液化气钢瓶	1. 外观检查 2. 射线或超声波探伤 3. 致密性试验	级
一般不重要结构	外观检查	级

第二节 焊前的质量控制

现代焊接工程管理思想认为：“焊前准备得好，等于已经完成了一半。”这充分说明焊前质量控制的重要性。焊前质量控制包括以下内容。

一、金属材料的质量检验

金属材料是制造焊接结构(件)的基础材料，也是焊接的对象，同时还是选择焊接方法和制定焊接工艺的依据。金属材料的质量直接关系到产品的质量与安全，因此必须首先对其进行严格的验收，必要时应对其材质和性能进行复验，确认合格后方可入库和使用。

1. 金属材料的检查

(1) 验收 金属材料入库时，一般按钢厂的质量证明书进行验收，其各项指标均应符合国家标准或定货技术条件的规定。

金属材料验收的主要项目为：牌号、规格、数量、批号、炉号、化学成分和力学性能以及表面质量。验收合格的材料方能入库。

(2) 复验 一般情况下金属材料不需要复验；而在下列情况下需要对材料进行重新试验： 无质量检验证明书的材料； 新材料； 重要产品的母材(如高压容器等)； 材料质量证明书与实物明显不符。

检验金属材料的试验方法主要有化学分析、无损探伤、各种力学性能试验、工艺试验、焊接性试验等。

至于重新试验的比例、项目、数量以及评定方法等均应根据具体情况和要求，按有关标准和规程执行。

(3) 投料前的检查项目 为保证金属材料使用的正确性，投料时应检查以下项目： 投料单据：该单据是材料发放出库的凭证，投料前应检查该材料投料生产号是否与所焊产品生产号一致；材料牌号、规格是否符合图样规定。否则，应办理材料代用或更改材料手续。 实物标记：金属材料的实物标记应清楚、齐全，有入厂检验编号，金属材料的牌号、规格应与投料单据相符，与图样要求一致。 实物表面质量：金属材料表面不应有裂纹、分层及超过标准规定的凹坑、划伤等缺陷。 标记移植：按图样和工艺要求，在投料和划线的同时，必须进行标记移植，以便在生产过程中区分部分材料的用处。

二、焊接材料的检验

焊接材料是指焊接时使用的焊条、焊丝、焊剂和保护气等，焊接材料的正确选择、管理和使用，是保证焊接质量的基本条件。应根据国标或冶金部标准及出厂要求对焊条、焊丝及焊剂进行严格检查验收。此外，在焊接材料投入生产时，还应检查以下项目。

- (1) 核对焊接材料的选用是否正确 焊接材料的出库领用，应根据领料单核对焊接材料的牌号，是否符合图样或技术条件规定，审查焊接材料的规格是否符合工艺文件规定。
- (2) 核对焊接材料实物标记 检查包装标记或焊接材料本身标记，焊接材料的牌号和规格应符合选用要求。如焊条尾部牌号标记或涂色标记；焊丝盘挂牌或写字、涂色标记等。
- (3) 检查焊接材料的表面质量 焊条、焊丝表面应无油污、无铁锈，焊条药皮无开裂、脱落及霉变等。
- (4) 检查焊接材料的工艺性处理是否符合要求 如焊条和焊剂的烘干温度及保温时间、焊丝除锈及酸洗处理、保护气体的预热和干燥处理等。

三、焊件备料的检验

焊件备料包括放样、划线、下料、加工坡口和成形等过程。

1. 放样、划线、下料的质量检查

放样、划线是焊前极重要的一项工作，不仅工作量大，而且要求操作者和检查员要有较高的识图能力和细心负责的工作态度，一旦出错，将直接造成下料尺寸的错误，造成毛坯报废。

一般主要从以下几个方面进行检查：

- (1) 尺寸和形状 根据图样进行检查。
- (2) 公差 按要求检查尺寸公差是否在规定值内。
- (3) 排料 检查排料方向是否合理；材料利用率要达到最高。
- (4) 标记移植 进厂的每张钢板上一般只有一个原始标记(材料的牌号、规格、炉号、批号等)，若需将其分成若干块时，则必须先将原始标记正确无误地移植到将要分离的各个零件上，以免误用和错用。这是压力容器和其它重要产品质量保证的一个重要环节。

上述内容检查无误后，用剪切或气割的方法进行下料。下料后根据有关标准或技术要求检查切口或气割面质量。

2. 坡口质量检查

坡口质量检查主要是检查坡口形状、尺寸与表面粗糙度是否符合要求，可用焊接检验尺和样板测量坡口面角度、钝边尺寸及根部半径，如图 1-1 所示；检查坡口清理情况(坡口及

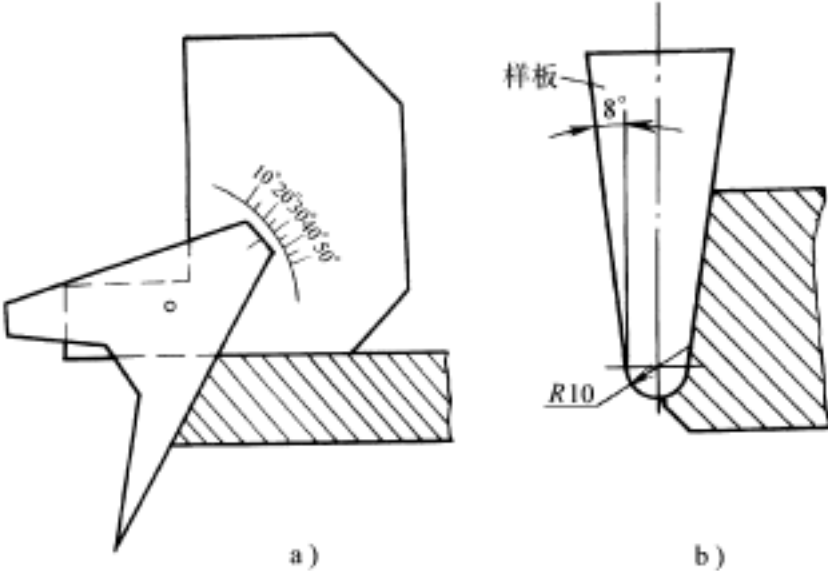


图 1-1 测量坡口加工的形状和尺寸

a) 测量坡口角度(30°) b) 用样板测量坡口形状

其附近不应有毛刺、熔渣、油污、铁锈等杂质)及坡口面探伤($\sigma_s > 392\text{ MPa}$ 或 Cr-Mo 低合金钢焊件坡口面进行探伤,发现裂纹要及时去除)。

3. 成形加工的质量检查

焊接产品中有许多零件需要进行成形加工,如冲压、弯曲、折边等。对这些零件的形状和尺寸主要依据图样要求及相关技术标准,采用成形样板和检验尺进行检查,如图 1-2、图 1-3 所示。

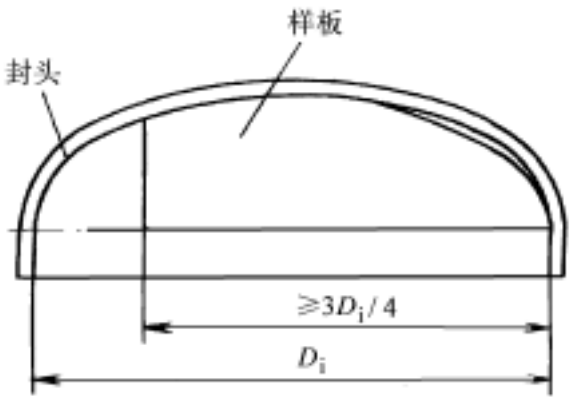


图 1-2 用成形样板检查容器封头内表面的形状偏差

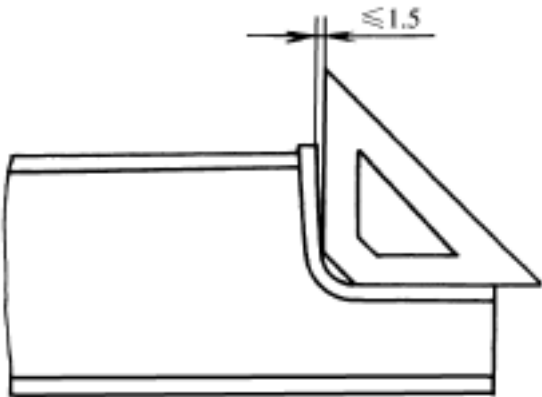


图 1-3 用样板检查桥架端梁弯板的形状偏差

另外,零件在成形加工过程中有可能出现裂纹、表面压伤,热成形件可能出现严重氧化、减薄超差等缺陷。检查中要引起充分重视,必要时应配合无损探伤等方法配合检验。

四、焊件装配质量的检验

焊件的装配质量对焊接质量有重要影响,因此焊接前应对以下装配质量进行检验,具体内容是:

1. 装配结构的检验

对装配结构主要是检验零件之间的相对位置、焊缝位置及坡口。

零部件的相对位置和它们的空间角度应符合图样及有关标准的规定,但需要注意的是,检验焊接结构的装配尺寸要充分考虑焊接变形的影响,不能一味地按图样要求来检查,例如,T形接头或角接接头的两板夹角应放大 $2.5^{\circ} \sim 3^{\circ}$,以防焊接后因收缩变形使角度变小,采用反变形的平对接两板间的装配角度也是如此,这是焊接结构装配尺寸检验的特殊性。

焊缝的分布及其位置应符合图样和工艺拼接图的规定。例如,压力容器环缝装配后,应检查相邻筒节的纵缝错开量是否符合要求,一般错开量应大于 3 倍的筒节壁厚,且不小于 100mm。

坡口组装后的形状、间隙、错边量和方位都应符合要求。其测量方法如图 1-4、图 1-5 所示;并且要将其边缘的油污、铁锈和杂质清理干净。

2. 装配工艺的检验

装配工艺的检验主要是检验定位焊预热和装配顺序。

低合金高强度钢和铬钼耐热钢的定位焊缝施焊时应按工艺规定进行预热,以防产生表面裂纹。

装配顺序应符合工艺规定。如果焊接结构中有隐藏焊缝或

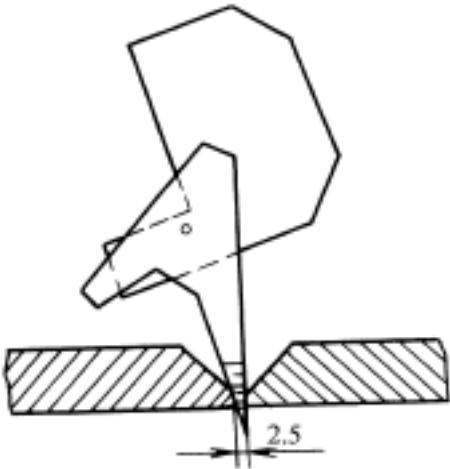


图 1-4 用焊接检验尺测量坡口间隙

阻碍焊接和检验的零件时，应在完成内藏焊缝的焊接和检验工作后，再继续组装。以压力容器为例，在最后一条环缝装配之前，应特别注意检查那些应该装入的内件是否已经焊装、检查完毕，因为有些内件在最后一条环缝封死以后再也无法装入了。这方面的质量事故在一些工厂并不罕见，因此要引起足够重视。

3. 定位焊缝质量的检验

当定位焊缝作为正式焊缝的一部分时，其质量和检验方式应与正式焊缝相同，定位焊缝不允许有裂纹、夹渣、气孔等焊接缺陷，如发现缺陷应及时消除；定位焊所用的焊接材料应与正式焊缝一致；锅炉、压力容器等重要产品的定位焊缝，应由经过专业考试并取得合格证的焊工施焊。

五、焊工资格检查

焊工的操作技术水平是决定焊缝质量的重要因素。焊工操作技术差，会在焊缝中造成各种焊接缺陷，甚至使焊接接头性能恶化。因此对重要的焊接结构，例如锅炉、压力容器等的焊接，必须由经过专业考试并取得合格证的焊工施焊。

焊工资格检查主要是检查以下内容：

(1) 焊工合格证 焊工合格证是证明焊工操作技术水平的有效凭证，只有取得相应等级的合格证的焊工，才有资格上岗焊接。

(2) 检查有效期 从焊工考试合格之日起计算有效期，超过有效期或在有效期内中断焊接工作的，应重新进行考试，合格后才允许继续上岗焊接。

(3) 检查考试项目 检查焊接方法和焊接位置与焊接产品的一致性；检查考试钢材和焊接材料与产品的一致性；检查试样形式、规格与焊接产品的一致性。考试项目与产品不符者，不能上岗焊接。

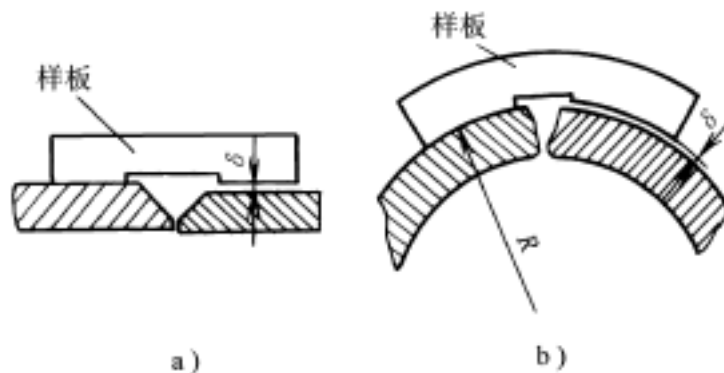


图 1-5 用样板测量坡口错边

a) 平板对接错边量的测量 b) 用圆弧样板测量错边

第三节 焊接过程中的质量控制

焊接过程不仅仅是焊缝的形成过程，还包括焊接时的环境条件、焊接工艺参数的执行情况、焊接预热、焊接后热等，这些因素都会对接头质量造成影响。

一、焊接环境的检查

焊接环境对焊接质量有较大影响。例如，过低的环境温度，会使焊件与焊缝之间的温差增大，因而增加了焊缝金属的冷却速度，有可能使材料变脆，在焊接应力作用下出现裂纹；雨雪天气或湿度过大时，由于焊接区水分较多而使焊缝容易出现气孔；风力较大时会影响焊条电弧焊及气体保护焊的保护效果等。而在许多情况下，焊接工作是在露天条件下进行的，如桥梁、大型储罐、长距离输油(气)管道的施工等，焊接质量在很大程度上受季节、地理位置及天气情况的影响。因此有关标准对焊接环境做出具体规定。

例如，GB 150—1998《钢制压力容器》中规定，当施焊环境出现以下任一情况，且无有效防护措施时，禁止施焊：